

MENU

SEARCH

INDEX

DETAIL

JAPANESE

1 / 1

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-256100

(43)Date of publication of application : 30.09.1997

(51)Int.Cl.

C22C 30/00

C22C 19/05

C22C 38/00

F22B 37/04

F28F 21/08

(21)Application number : 08-061282

(71)Applicant : MITSUBISHI MATERIALS CORP

(22)Date of filing : 18.03.1996

(72)Inventor : YOSHITAKE SHUNICHI  
KIWAKE TOMOYOSHI  
WAKITA SABURO(54) LAMINATED TUBE FOR HEAT TRANSFER FOR WASTE HEAT BOILER UTILIZING  
WASTE INCINERATION EXHAUST GAS, EXCELLENT IN INTERGRANULAR CORROSION  
RESISTANCE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a laminated tube for heat transfer for a waste heat boiler utilizing waste incineration exhaust gas, excellent in high temp. corrosion resistance, particularly high temp. intergranular corrosion resistance.

SOLUTION: The laminated tube for heat transfer for a waste heat boiler utilizing waste incineration exhaust gas, excellent in intergranular corrosion resistance, consists of an outer tube composed of austenitic stainless steel and an inner tube composed of ordinary boiler steel. At this time, the outer tube, composed of austenitic stainless steel, has a composition consisting of, by weight, 25-35% Ni, 25-35% Cr, 0.1-10% Mo, 0.001-0.1% Mg, 0.001-0.1% B, 0.001-0.05% C,  $\leq 0.1\%$  Si,  $\leq 0.03\%$  P,  $\leq 0.03\%$  S, and the balance Fe with inevitable impurities and further containing, if necessary, the following (a) and/or (b) and/or (c): (a) 0.1-5% W; (b) one or  $\leq 2$  kinds among 0.001-0.1% rare earth elements, 0.001-0.1% Y, 0.001-0.1% Zr, and 0.001-0.5% Hf; (c) either or both of 0.01-1.0% Mn and 0.001-0.1% Ca.

## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 30.09.1999

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration] abandonment

[Date of final disposal for application] 24.10.2001

[Patent number]

(19) 日本国特許庁 (J P)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-256100

(43) 公開日 平成9年(1997)9月30日

| (51) Int.Cl. <sup>6</sup>    | 識別記号  | 庁内整理番号 | F I           | 技術表示箇所  |
|------------------------------|-------|--------|---------------|---------|
| C 2 2 C 30/00                |       |        | C 2 2 C 30/00 |         |
| 19/05                        |       |        | 19/05         | Z       |
| 38/00                        | 3 0 2 |        | 38/00         | 3 0 2 Z |
| F 2 2 B 37/04                |       |        | F 2 2 B 37/04 |         |
| F 2 8 F 21/08                |       |        | F 2 8 F 21/08 | F       |
| 審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 7 頁) |       |        |               |         |

(21) 出願番号 特願平8-61282

(22) 出願日 平成8年(1996)3月18日

(71) 出願人 000006264

三菱マテリアル株式会社

東京都千代田区大手町1丁目5番1号

(72) 発明者 吉武 俊一

埼玉県大宮市北袋町1-297 三菱マテリアル株式会社総合研究所内

(72) 発明者 木分 友義

埼玉県大宮市北袋町1-297 三菱マテリアル株式会社総合研究所内

(72) 発明者 脇田 三郎

埼玉県大宮市北袋町1-297 三菱マテリアル株式会社総合研究所内

(54) 【発明の名称】 耐粒界腐食性に優れたごみ焼却排ガス利用廃熱ボイラの伝熱用複合管

(57) 【要約】

ある。

【課題】 高温耐食性、特に高温耐粒界腐食性に優れたごみ焼却排ガス利用廃熱ボイラの伝熱用複合管を提供する。

【解決手段】 本発明の耐粒界腐食性に優れたごみ焼却排ガス利用廃熱ボイラの伝熱用複合管は、重量%で、N i : 25~35%、C r : 25~35%、M o : 0.1~10%、M g : 0.001~0.1%、B : 0.001~0.1%、C : 0.001~0.05%、S i : 0.1%以下、P : 0.03%以下、S : 0.03%以下を含有し、さらに、必要に応じて、下記の(a)および/または(b)および/または(c)を含有し、残りがF e と不可避不純物からなる組成を有するオーステナイトステンレス鋼からなる外管と通常のボイラ用鋼の内管からなる。ここで(a)は、W : 0.1~5%であり、(b)は、希土類元素 : 0.001~0.1%、Y : 0.0、0.01~0.1%、Z r : 0.001~0.1%、H f : 0.001~0.5%のうちの1種または2種以上であり、(c)は、M n : 0.01~1.0%、C a : 0.001~0.1%のうちの1種または2種で

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 重量%で、Ni：25～35%、Cr：25～35%、Mo：0.1～10%、Mg：0.001～0.1%、B：0.001～0.1、C：0.001～0.05%、Si：0.1%以下、P：0.03%以下、S：0.03%以下を含有し、残りがFeと不可避不純物からなる組成を有するオーステナイトステンレス鋼で構成したことを特徴とする耐粒界腐食性に優れたごみ焼却排ガス利用廃熱ボイラの伝熱用複合管。

【請求項2】 重量%で、Ni：25～35%、Cr：25～35%、Mo：0.1～10%、Mg：0.001～0.1%、B：0.001～0.1、C：0.001～0.05%、Si：0.1%以下、P：0.03%以下、S：0.03%以下を含有し、さらに、W：0.1～5%を含有し、残りがFeと不可避不純物からなる組成を有するオーステナイトステンレス鋼で構成したことを特徴とする耐粒界腐食性に優れたごみ焼却排ガス利用廃熱ボイラの伝熱用複合管。

【請求項3】 重量%で、Ni：25～35%、Cr：25～35%、Mo：0.1～10%、Mg：0.001～0.1%、B：0.001～0.1、C：0.001～0.05%、Si：0.1%以下、P：0.03%以下、S：0.03%以下を含有し、さらに、希土類元素：0.001～0.1%、Y：0.0、01～0.1%、Zr：0.001～0.1%、Hf：0.001～0.5%のうちの1種または2種以上を含有し、残りがFeと不可避不純物からなる組成を有するオーステナイトステンレス鋼で構成したことを特徴とする耐粒界腐食性に優れたごみ焼却排ガス利用廃熱ボイラの伝熱用複合管。

【請求項4】 重量%で、Ni：25～35%、Cr：25～35%、Mo：0.1～10%、Mg：0.001～0.1%、B：0.001～0.1、C：0.001～0.05%、Si：0.1%以下、P：0.03%以下、S：0.03%以下を含有し、W：0.1～5%＊

$$0.3(\%) \leq \text{Mo}(\%) \leq 5.8(\%) - \{\text{Ni}(\%) / 10\} \cdots (1)$$

のオーステナイト組織の高Ni、高Cr合金も知られている。この合金は、ごみ焼却ボイラの腐食性環境を模擬した550℃の温度での20時間の試験で、最大粒界浸食深さは0.005～0.03mmとなっており、また別のごみ焼却ボイラの腐食性環境を模擬した600℃の温度での20時間の試験で、最大粒界浸食深さは0.0025～0.02mmとなっており、優れた高温耐食性を示していた。これら高Ni、高Cr合金は伝熱管としても利用されるが、一般に高価であるところから、通常のボイラ用鋼の外側に被覆し、通常のボイラ用鋼からなる内層と新しく開発された合金で構成された外層からなる複合管を伝熱用複合管として使用することも知られている。

【0004】

＊を含有し、さらに、希土類元素：0.001～0.1%、Y：0.001～0.1%、Zr：0.001～0.1%、Hf：0.001～0.5%のうちの1種または2種以上を含有し、残りがFeと不可避不純物からなる組成を有するオーステナイトステンレス鋼で構成したことを特徴とする耐粒界腐食性に優れたごみ焼却排ガス利用廃熱ボイラの伝熱用複合管。

【請求項5】 重量%で、Mn：0.01～1.0%、Ca：0.001～0.1%のうちの1種または2種を、さらに含有することを特徴とする請求項1～4記載の耐粒界腐食性に優れたごみ焼却排ガス利用廃熱ボイラの伝熱用複合管。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、高温耐食性、特に高温耐粒界腐食性に優れたごみ焼却排ガス利用廃熱ボイラの伝熱用複合管に関するものである。

【0002】

【従来の技術】一般に、ごみ焼却施設には排ガスのもつ高温潜熱を利用する目的で、廃熱ボイラが設置されている。また、前記廃熱ボイラの構造部材である伝熱管は、腐食性の強いHClやSO<sub>2</sub>ガス、Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>などの溶融硫酸塩、さらにNaClやKClなどの溶融塩化物などの腐食性生成物を含有する高温の排ガスにさらされ、かつ前記硫酸塩や塩化物などが表面に堆積した環境下におかれることから、その製造には高温耐食性の優れた各種の材料が用いられている。

【0003】ボイラの伝熱管用高耐食合金材料として、特開平5-195126特許公報に見られる様に、重量%で、C：0.05%以下、Si：0.3%以下、Mn：7.5%以下、Cr：25～35%、Ni：25～55%および下記(1)式を満足するMoを含有し、残部がFeおよび不可避不純物からなり、不純物中のPが0.015%以下である化学組成

【発明が解決しようとする課題】一方、近年の切迫したエネルギー事情から、ごみ焼却による廃熱を最大限に利用するために廃熱ボイラの蒸気条件を高温高圧化する傾向にあり、これに伴ない伝熱用複合管の管壁温度はさらに上昇し、かつごみの高カロリー化およびプラスチックの増加により排ガスの腐食性も一段と激しさを増す傾向にあり、この激しい腐食部分では粒界腐食が発生し易い。かかる点から廃熱ボイラの伝熱用複合管には、より一層の耐粒界腐食性が要求され、この要求に対して提供された上記従来の特開平5-195126号公報記載の合金は、排ガスに対する高温耐食性がかなり向上しているが未だ十分でなく、したがって、この従来の合金からなる伝熱用複合管の寿命は、十分に満足のいくものではなかった。

【0005】

【課題を解決するための手段】そこで、本発明者等は、上述のような観点から、より一段と優れた耐粒界腐食性を有する高温耐食性に優れた長寿命のごみ焼却排ガス利用廃熱ボイラ用伝熱用複合管を開発すべく研究を行なった結果、

(a) 従来の特開平5-195126号公報記載の合金で構成された外層を有するごみ焼却排ガス利用廃熱ボイラの伝熱用複合管は、高温耐粒界腐食性が十分でないために、腐食性の強いHClやSO<sub>2</sub>ガス、Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>、K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>などの熔融硫酸塩、さらにNaCl、KCl、PbCl<sub>2</sub>、ZnCl<sub>2</sub>などの熔融塩化物などが表面に付着堆積した状態で300~1000℃の高温の排ガスにさらされると、粒界腐食が進行し、その結果として十分な高温耐食性が得られず、従って、十分な寿命が得られない。

(b) 上記従来の特開平5-195126号公報記載の合金の成分組成を一部組み替え、更にMg:0.001~0.1%含有せしめると、熱間加工性が優れると共に高温耐粒界腐食性が向上したオーステナイトステンレス鋼が得られ、この合金で構成された外層を有するごみ焼却排ガス利用廃熱ボイラの伝熱用複合管を塑性加工で製造すると、このMgを0.001~0.1%含有するオーステナイトステンレス鋼で構成された外層は熱間加工性が優れるところから通常のボイラ用鋼からなる内層との間の密着性に優れた伝熱用複合管が得られ、さらに高温耐粒界腐食性が優れるところから、結果として高温耐食性が一層向上し、伝熱用複合管の寿命が一層伸びる、などの研究結果を得たのである。

【0006】この発明は、上記の研究結果にもとづいてなされたものであって、Ni:25~35%、Cr:25~35%、Mo:0.1~1.0%、Mg:0.001~0.1%、B:0.001~0.1%、C:0.001~0.05%、Si:0.1%以下、P:0.03%以下、S:0.03%以下を含有し、さらに、必要に応じて、(a)W:0.1~2%、(b)希土類元素:0.001~0.1%、Y:0.001~0.1%、Zr:0.001~0.1%、Hf:0.001~0.5%のうちの1種または2種以(c)Mn:0.01~1.0%、Ca:0.001~0.1%、以上(a)および/または(b)および/または(c)を含有し、残りがFeと不可避不純物からなる組成を有するオーステナイトステンレス鋼で構成した外層と通常のボイラ用鋼からなる内層とで構成した高温耐食性、特に高温耐粒界腐食性に優れたごみ焼却排ガス利用廃熱ボイラの伝熱用複合管、に特徴を有するものである。

【0007】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について説明する。本発明の高温耐食性に優れたごみ焼却排ガス利用廃熱ボイラの伝熱用複合管は、通常の高周波溶解

炉を用いて、上述せる成分組成をもったNi基合金溶湯を調製し、インゴットに鑄造し、このインゴットに1000~1250℃の範囲内の所定温度で熱間鍛造を施して丸棒材とし、ついでこの丸棒材から削り出すことにより、所定の直径、肉厚を有する外管を作製し、さらに内管として所定の直径、肉厚を有する通常のボイラ用鋼を作製し、これら外管および内管を脱スケールした後、外管の内側に内管を挿入し、所定の減面率で引き抜き加工を行い、外管を塑性変形させて外管を内管に密着させることにより複合素管を作製した。これら複合素管を加熱炉に入れ、所定の温度、時間で熱処理した後、ヘリカルロールミルにより、さらに圧延して作製される。

【0008】本発明のオーステナイトステンレス鋼は、従来の高Ni、高Cr含有合金の一部成分組成を組み替え、更にMg:0.001~0.1%を含有せしめたため、熱間加工性が優れると共に高温耐粒界腐食性が向上した本発明のオーステナイトステンレス鋼となり、このオーステナイトステンレス鋼で構成された外層は熱間加工性が優れるところから通常のボイラ用鋼からなる内層との間の密着性に優れた伝熱用複合管が得られ、さらに高温耐粒界腐食性が優れるところから、結果として高温耐食性が一層向上し、腐食性の強いHClやSO<sub>2</sub>ガス、Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>、K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>などの熔融硫酸塩、さらにNaCl、KCl、PbCl<sub>2</sub>、ZnCl<sub>2</sub>などの熔融塩化物などが表面に付着堆積した状態で300~1000℃の高温の排ガスにさらされる環境下でも、従来では見られない長寿命を有する伝熱用複合管が得られ、近年のエネルギー事情下でも、ごみ焼却による廃熱を最大限に利用出来る優れたごみ焼却排ガス利用廃熱ボイラの伝熱用複合管として十分に満足し得るものである。この場合、本発明のオーステナイトステンレス鋼で構成した外層が高温耐食性、に高温耐粒界腐食性を確保する作用をなし、通常のボイラ用鋼からなる内層は強度および耐水蒸気酸化性を持たせる作用をなすものである。

【0009】この発明の高温耐食性に優れたごみ焼却排ガス利用廃熱ボイラの伝熱用複合管で使用する「通常のボイラ用鋼」とは、具体的には、JIS3461~3464および3467で規定されるボイラ熱交換器炭素鋼、低合金鋼、フェライト系ステンレス鋼、オーステナイト系ステンレス鋼などであるが、その使用条件によってその鋼種は適宜選択し得るもので、特に限定されるものではない。

【0010】また、この発明の高温耐食性に優れたごみ焼却排ガス利用廃熱ボイラの伝熱用複合管は、Ni基合金で構成された管の中に通常のボイラ用鋼管を挿入し、通常の塑性加工による方法で作られるが、Ni基合金で構成された外層をこの発明の新しいNi基合金を溶射または肉盛り溶接することによっても製造することが出来る。

【0011】次いで、この発明の伝熱用複合管の外層を

構成するNi基合金の成分組成を上記の通りに限定した理由を説明する。

(a) Ni、CrおよびMo

これらの成分には、共存した状態で高温のごみ焼却排ガスに対する高温耐食性および高温耐酸化性を向上させると共に、高温強度を向上させる作用があるが、その含有量がNi:25%未満、Cr:25%未満或いはMo:0.1%未満のいずれかになると前記作用に所望の効果が得られず、一方その含有量が同じくNi:35%、Cr:35%或いはMo:10%のいずれかをこえると熱間加工性が低下するようになることから、その含有量を、Ni:25~35%、望ましくは28~32%、Cr:25~35%、望ましくは28~32%、Mo:0.1~10%、望ましくは2~5%と定めた。

【0012】(b) Mg

Mg成分には熱間加工性を向上させ、かつ耐粒界浸食性も向上させる作用があるが、その含有量が0.001%未満では前記作用に所望の効果が得られず、一方その含有量が0.1%を越えると粒界に金属化合物を生成し、熱間加工性および耐食性を低下させることから、その含有量を0.001~0.1%と定めた。

【0013】(c) B

B成分には、熱間加工性を向上させる作用があるが、その含有量が0.001%未満では所望の熱間加工性向上の効果が得られず、一方その含有量が0.1%を越えても熱間加工性により一層の向上効果が得られないことから、その含有量を0.001~0.1%、望ましくは0.001~0.01%と定めた。

【0014】(d) C

C成分は高温強度を向上させる作用があるが、その含有量が0.001%未満では所望の高温強度を確保することができず、一方、その含有量が0.05%を越えると、粒界に存在する炭化物の量が増大するようになり、特に高温排ガス中に含有する溶融塩化物による粒界腐食の進行が促進されるようになることから、その含有量を0.001~0.05%と定めた。

【0015】(e) Si

Si成分には脱酸作用があるので、溶湯の脱酸に用いるが、この場合その含有量が0.1%を越えると、靱性が低下するようになることから、その含有量を0.1%以下と定めた。

【0016】(f) PおよびS

これらの成分がそれぞれP:0.03%およびS:0.03%を越えると、粒界に偏析するようになって熱間加工性を低下させ、かつ高温耐食性も低下するようになることから、その含有量をP:0.03%以下およびS:0.03%以下と定めた。

【0017】(g) W

W成分には、より一段と高温耐食性を向上させる作用があるので必要に応じて含有されるが、その含有量が0.

1%未満では前記作用に所望の向上効果が得られず、一方その含有量が5%を越えると熱間加工性が低下するようになることから、その含有量を0.1~5%、望ましくは0.5~2%と定めた。

【0018】(h) 希土類元素、Y、ZrおよびHf  
これらの成分には、熱間加工性を向上させる作用があるので必要に応じて含有させるが、その含有量が、希土類元素、Y、およびZrにあっては0.001%、Hfのあっては0.01%未満では、所望の熱間加工性向上効果が得られず、一方その含有量が、希土類元素、YおよびZrにあっては0.1%、Hfにあっては0.5%を越えても熱間加工性に、より一層の向上効果が得られないことから、その含有量を、希土類元素:0.001~0.1%、Y:0.001~0.1%、Zr:0.001~0.1%、およびHf:0.001~0.5%と定めた。

【0019】(i) MnおよびCa

MnおよびCa成分には、脱酸作用があり耐食性を向上させる効果があるので、必要に応じて含有されるが、その含有量がMn成分で0.01%、Ca成分で0.001%未満では前記作用に所望の効果が得られず、一方その含有量がMn成分で1.0%、Ca成分で0.1%越えると、それらの析出相が生成し熱間加工性および耐食性が低下することから、その含有量をMn成分で0.01~1.0%、さらにCa成分で0.001~0.1%と定めた。

【0020】(j) 不可避不純物

不可避不純物としてTiおよびAlを含有する場合があるが、これらの成分の含有量がそれぞれ0.4%を越えると熱間加工性が損なわれるようになることから、その含有量をそれぞれ0.4%以下にとどめなければならない。

【0021】

【実施例】次いで、本発明の実施例について、具体的に説明する。通常の高周波溶解炉を用いて、表1~4に示される成分組成をもったNi基合金溶湯を調製し、インゴットに鑄造し、このインゴットに1150℃で熱間鍛造を施して直径:55mmの丸棒材とし、ついでこの丸棒材から直径:50mm×肉厚:6mmの寸法に削り出すことにより、表1~4に示される成分組成をもった外管を作製した。さらに内管として外径:42mm×肉厚:6.0mmの寸法を有するSUS304ステンレス鋼管を用意した。これら外管および内管を脱スケールしたのち、外管内側に内管を挿入し、所定の減面率で引抜加工を行い、外管を塑性変形させて外管を内管に密着させることにより複合素管を作製した。これら複合素管を加熱炉にいれ、1180℃に1時間保持したのち、ヘリカルロールミルにより、さらに圧延し、外層厚さ:3mm、直径:38.1mmの寸法を有する本発明伝熱用複合管1~35、比較伝熱用複合管1~2をそれぞれ製造

した。また従来技術として特開平5-195126号公報に見られる合金を用いて、上記と同様の方法で従来伝熱用複合管を製造した。なお、比較伝熱用複合管1~2は、外層を構成するNi基合金の構成成分のうち、高温耐粒界腐食性に影響を及ぼすMgの含有量がこの発明の範囲から外れたものである。

【0022】ついで、この結果得られた各種の伝熱用複合管を廃熱ボイラに組み込み、この廃熱ボイラを処理能力：150ton／日のごみ焼却施設に設置し、前記＊

＊伝熱用複合管の表面温度：400℃、排ガス温度：450℃の条件で1000時間の操業を行ない、操業終了後伝熱用複合管を取り出し、表面に付着した灰分や生成スケールを除去した状態で周方向における肉厚を測定し、最大減肉量を求めると共に、表面部の断面ミクロ組織を観察し、最大粒界腐食長さを測定した。これらの測定結果を表5に示した。

【0023】

【表1】

| 種別         | 外 管 の 成 分 組 成 (残: Feと不可避不純物) (重量%) |      |      |      |       |       |       |      |       |       | 内管の材料 |         |
|------------|------------------------------------|------|------|------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|---------|
|            | N i                                | C r  | M o  | M g  | B     | C     | S i   | P    | S     | そ の 他 |       |         |
| 本発明の伝熱用複合管 | 1                                  | 25.5 | 29.7 | 3.47 | 0.031 | 0.013 | 0.035 | 0.04 | 0.017 | 0.014 | -     | SUS 304 |
|            | 2                                  | 29.4 | 30.3 | 3.13 | 0.032 | 0.024 | 0.024 | 0.02 | 0.022 | 0.016 | -     |         |
|            | 3                                  | 34.7 | 31.1 | 3.72 | 0.040 | 0.041 | 0.024 | 0.06 | 0.014 | 0.013 | -     |         |
|            | 4                                  | 31.5 | 25.4 | 2.98 | 0.023 | 0.014 | 0.011 | 0.02 | 0.024 | 0.012 | -     |         |
|            | 5                                  | 31.6 | 34.7 | 3.33 | 0.035 | 0.025 | 0.018 | 0.03 | 0.016 | 0.011 | -     |         |
|            | 6                                  | 28.9 | 29.4 | 0.17 | 0.046 | 0.007 | 0.025 | 0.05 | 0.018 | 0.012 | -     |         |
|            | 7                                  | 30.1 | 30.2 | 9.63 | 0.046 | 0.061 | 0.031 | 0.09 | 0.011 | 0.013 | -     |         |
|            | 8                                  | 30.6 | 31.6 | 2.89 | 0.002 | 0.040 | 0.022 | 0.05 | 0.020 | 0.008 | -     |         |
|            | 9                                  | 33.7 | 28.9 | 4.07 | 0.093 | 0.013 | 0.021 | 0.06 | 0.023 | 0.010 | -     |         |
|            | 10                                 | 30.2 | 29.6 | 3.20 | 0.038 | 0.003 | 0.034 | 0.03 | 0.015 | 0.021 | -     |         |

【0024】

※ ※ 【表2】

| 種別         | 外 管 の 成 分 組 成 (残: Feと不可避不純物) (重量%) |      |      |      |       |       |       |      |       |       | 内管の材料  |         |
|------------|------------------------------------|------|------|------|-------|-------|-------|------|-------|-------|--|---------|
|            | N i                                | C r  | M o  | M g  | B     | C     | S i   | P    | S     | そ の 他 |  |         |
| 本発明の伝熱用複合管 | 11                                 | 25.3 | 28.5 | 1.96 | 0.031 | 0.094 | 0.023 | 0.04 | 0.014 | 0.009 | -  | SUS 304 |
|            | 12                                 | 35.1 | 31.2 | 7.62 | 0.023 | 0.015 | 0.002 | 0.03 | 0.027 | 0.007 | -  |         |
|            | 13                                 | 26.1 | 30.1 | 3.28 | 0.028 | 0.016 | 0.046 | 0.06 | 0.007 | 0.005 | -  |         |
|            | 14                                 | 27.8 | 27.4 | 3.87 | 0.069 | 0.025 | 0.019 | 0.03 | 0.006 | 0.021 | W : 4.11                                       |         |
|            | 15                                 | 31.1 | 29.1 | 6.14 | 0.044 | 0.012 | 0.015 | 0.06 | 0.026 | 0.006 | W : 2.24, Ce : 0.017<br>La : 0.044             |         |
|            | 16                                 | 32.9 | 33.2 | 2.69 | 0.013 | 0.042 | 0.040 | 0.01 | 0.009 | 0.007 | W : 4.62, Zr : 0.033                           |         |
|            | 17                                 | 30.3 | 33.2 | 6.03 | 0.084 | 0.002 | 0.031 | 0.06 | 0.014 | 0.011 | W : 2.54, Y : 0.022                            |         |
|            | 18                                 | 30.7 | 31.6 | 5.51 | 0.076 | 0.066 | 0.011 | 0.02 | 0.020 | 0.014 | W : 2.62, Ce : 0.044<br>Zr : 0.015             |         |
|            | 19                                 | 33.4 | 29.8 | 7.11 | 0.040 | 0.027 | 0.027 | 0.04 | 0.015 | 0.005 | W : 4.11, Ce : 0.032<br>Hf : 0.021, Zr : 0.049 |         |
|            | 20                                 | 29.4 | 28.1 | 3.48 | 0.084 | 0.013 | 0.022 | 0.04 | 0.015 | 0.003 | La : 0.014, Ce : 0.033                         |         |

【0025】

【表3】

| 種別        | 外 管 の 成 分 組 成 (残: Feと不可避不純物) (重量%) |      |      |      |       |       |       |      |       |       | 内管の材料                             |         |
|-----------|------------------------------------|------|------|------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-----------------------------------|---------|
|           | N i                                | C r  | M o  | M g  | B     | C     | S i   | P    | S     | そ の 他 |                                   |         |
| 本発明伝熱用複合管 | 21                                 | 28.5 | 27.5 | 7.61 | 0.038 | 0.054 | 0.013 | 0.05 | 0.011 | 0.013 | Y: 0.032                          | SUS 304 |
|           | 22                                 | 32.1 | 30.2 | 5.62 | 0.032 | 0.015 | 0.022 | 0.02 | 0.004 | 0.004 | Zr: 0.041                         |         |
|           | 23                                 | 30.5 | 33.1 | 3.48 | 0.015 | 0.011 | 0.010 | 0.03 | 0.022 | 0.018 | Hf: 0.025                         |         |
|           | 24                                 | 29.0 | 31.2 | 5.10 | 0.028 | 0.023 | 0.019 | 0.05 | 0.012 | 0.008 | Zr: 0.031, La: 0.035              |         |
|           | 25                                 | 32.6 | 30.7 | 8.20 | 0.036 | 0.078 | 0.021 | 0.01 | 0.013 | 0.011 | Hf: 0.037, Ce: 0.083<br>Zr: 0.069 |         |
|           | 26                                 | 29.3 | 31.8 | 6.41 | 0.032 | 0.019 | 0.036 | 0.04 | 0.013 | 0.029 | Mn: 0.73                          |         |
|           | 27                                 | 30.6 | 28.3 | 5.98 | 0.046 | 0.037 | 0.022 | 0.05 | 0.009 | 0.018 | Ca: 0.064                         |         |
|           | 28                                 | 33.7 | 29.5 | 3.47 | 0.051 | 0.011 | 0.019 | 0.01 | 0.023 | 0.009 | Mn: 0.61, Ca: 0.044               |         |
|           | 29                                 | 31.1 | 30.4 | 4.11 | 0.062 | 0.023 | 0.030 | 0.03 | 0.014 | 0.011 | W: 3.79, Mn: 0.36                 |         |
|           | 30                                 | 27.2 | 33.2 | 4.20 | 0.011 | 0.046 | 0.028 | 0.02 | 0.012 | 0.024 | La: 0.062, Mn: 0.51               |         |

【0026】

\* \* 【表4】

| 種別        | 外 管 の 成 分 組 成 (残: Feと不可避不純物) (重量%) |      |      |      |        |       |       |      |       |       | 内管の材料                         |         |
|-----------|------------------------------------|------|------|------|--------|-------|-------|------|-------|-------|-------------------------------|---------|
|           | Ni                                 | Cr   | Mo   | Mg   | B      | C     | Si    | P    | S     | そ の 他 |                               |         |
| 本発明伝熱用複合管 | 31                                 | 28.9 | 28.9 | 4.32 | 0.032  | 0.018 | 0.026 | 0.05 | 0.023 | 0.015 | Zr: 0.076, Mn: 0.062          | SUS 304 |
|           | 32                                 | 32.6 | 30.5 | 7.15 | 0.029  | 0.015 | 0.021 | 0.06 | 0.017 | 0.010 | Hf: 0.081, Ca: 0.058          |         |
|           | 33                                 | 31.7 | 32.0 | 5.63 | 0.043  | 0.024 | 0.018 | 0.05 | 0.020 | 0.021 | W: 3.44, La: 0.052, Mn: 0.47  |         |
|           | 34                                 | 31.2 | 31.7 | 6.16 | 0.037  | 0.030 | 0.031 | 0.04 | 0.014 | 0.016 | W: 2.91, Y: 0.048, Ca: 0.041  |         |
|           | 35                                 | 33.4 | 32.1 | 6.42 | 0.053  | 0.018 | 0.022 | 0.03 | 0.017 | 0.014 | W: 3.18, Zr: 0.069, Ca: 0.053 |         |
| 比較伝熱用複合管  | 1                                  | 30.9 | 29.5 | 3.26 | 0.2*   | 0.032 | 0.026 | 0.03 | 0.007 | 0.011 | -                             | SUS 304 |
|           | 2                                  | 27.4 | 28.4 | 4.78 | 0.005* | 0.009 | 0.006 | 0.04 | 0.013 | 0.006 | -                             |         |
| 従来伝熱用複合管  |                                    | 31.5 | 31.6 | 6.11 | -      | 0.025 | 0.014 | 0.03 | 0.015 | 0.009 | -                             |         |

(\*印: 本発明範囲外)

【0027】

【表5】

11

12

| 種別  |    |      | 最大<br>減肉量<br>(mm) | 最大粒界<br>腐食長さ<br>(mm)                      | 種別 |      |      | 最大<br>減肉量<br>(mm)                         | 最大粒界<br>腐食長さ<br>(mm) |      |      |
|---|----|------|-------------------|---|----|------|------|---|----------------------|------|------|
| 本<br>発<br>明<br>伝<br>熱<br>用<br>複<br>合<br>管 | 1  | 0.32 | 0.02              | 本<br>発<br>明<br>伝<br>熱<br>用<br>複<br>合<br>管 | 16 | 0.30 | 0.02 | 本<br>発<br>明<br>伝<br>熱<br>用<br>複<br>合<br>管 | 31                   | 0.30 | 0.02 |
|   | 2  | 0.29 | 0.02              |   | 17 | 0.28 | 0.01 |   | 32                   | 0.29 | 0.02 |
|   | 3  | 0.27 | 0.02              |   | 18 | 0.29 | 0.01 |   | 33                   | 0.27 | 0.02 |
|   | 4  | 0.33 | 0.03              |   | 19 | 0.30 | 0.02 |   | 34                   | 0.30 | 0.02 |
|   | 5  | 0.24 | 0.02              |   | 20 | 0.27 | 0.01 |   | 35                   | 0.28 | 0.01 |
|   | 6  | 0.34 | 0.03              |   | 21 | 0.26 | 0.03 | 比<br>用<br>較<br>複<br>合<br>管                | 1                    | 0.47 | 0.03 |
|   | 7  | 0.26 | 0.01              |   | 22 | 0.31 | 0.02 |   | 2                    | 0.35 | 0.07 |
|   | 8  | 0.30 | 0.04              |   | 23 | 0.29 | 0.02 | 比<br>用<br>較<br>複<br>合<br>管                | 0.42                 |      | 0.07 |
|   | 9  | 0.28 | 0.01              |   | 24 | 0.27 | 0.02 |   |                      |      |      |
|   | 10 | 0.30 | 0.02              |   | 25 | 0.28 | 0.02 |   |                      |      |      |
|   | 11 | 0.33 | 0.02              |   | 26 | 0.29 | 0.01 |   |                      |      |      |
|   | 12 | 0.28 | 0.02              |   | 27 | 0.27 | 0.02 |   |                      |      |      |
|   | 13 | 0.31 | 0.03              |   | 28 | 0.30 | 0.02 |   |                      |      |      |
|   | 14 | 0.30 | 0.02              |   | 29 | 0.29 | 0.01 |   |                      |      |      |
|   | 15 | 0.25 | 0.02              |   | 30 | 0.28 | 0.04 |   |                      |      |      |

【0028】

【発明の効果】表1～5に示される結果から、本発明伝熱用複合管1～35は、従来伝熱用複合管に比べて、高温のごみ焼却排ガス雰囲気さらされた場合、最大減肉量が少なくかつ最大粒界腐食長さも短いところから、優れた高温耐食性を示すことが分かる。しかし、比較伝熱用複合管1～2に見られるように、これを構成するNi基合金のMg含有量がこの発明の範囲から外れると高温耐食性、特に高温耐粒界腐食性が劣り、結果として高温

耐食性が劣ったものになることが明らかである。

【0029】上述のように、この発明の伝熱用複合管は、一段と優れた高温耐食性を有するので、ごみ焼却による廃熱を有効に利用するための廃熱ボイラの蒸気条件の高温・高圧化に対応することができ、高価なNi基合金からなる外層の薄肉化が可能となるとともに、伝熱用複合管の一層の長寿命化が可能となり、ごみ焼却による廃熱を有効に利用するための廃熱ボイラの技術の向上に大いに貢献し得るものである。